



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 44 663 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**F 02 B 37/013**  
F 02 B 37/16

②1 Aktenzeichen: 101 44 663.2  
②2 Anmeldetag: 12. 9. 2001  
④3 Offenlegungstag: 3. 4. 2003

DE 101 44 663 A 1

⑦1 Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,  
DE

⑦2 Erfinder:  
Schindler, Erik, Amstetten, AT; Staub, Peter, Bad  
Hall, AT

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 29 43 950 C2  
DE 199 44 190 A1  
DE 41 19 657 A1  
GB 22 05 606 A  
JP 03-2 90 028 A

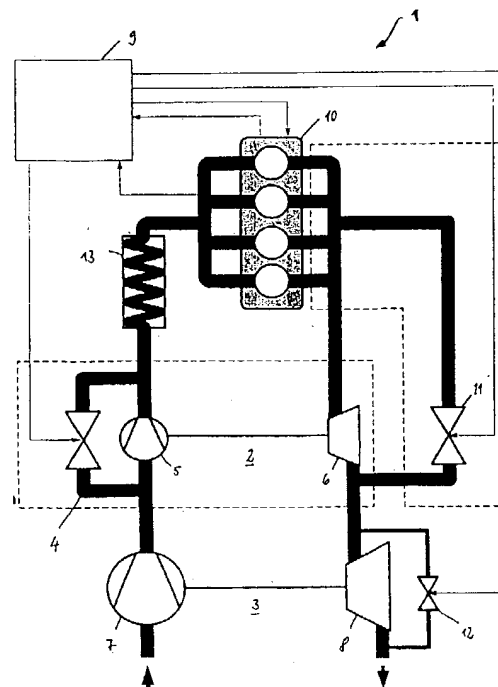
PUCHER, Helmut: Aufladung von Verbrennungs-  
motoren, Sindelfingen, expert verlag, 1985(Bd.133,  
Kontast & Studium, Maschinentechnik, S. 74-80;  
JUNGE, H. (u.a.): Fachlexikon abc  
Automatisierungs-  
technik, Zürich (u.a.): Verlag Harry Deutsch, 1975,  
S. 248-249;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern mit Verdichterumgehung und Verfahren hierzu

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern und einer Verdichterumgehung (4) für den Hochdruckverdichter, wobei mittels einer Steuereinheit das Öffnen und Schließen der Verdichterumgehung (4) abhängig von einer Öffnungsschwelle und einer Schließschwelle gesteuert wird, wobei sich die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle im Motordrehzahl-Motormoment-Kennfeld unterscheiden.



DE 101 44 663 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern mit Verdichterumgehung und ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 199 61 610 A1 ist eine Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern bekannt. Eine der Abgasturbinen dieser Brennkraftmaschine hat eine variable Turbinengeometrie zur veränderlichen Einstellung des wirksamen Turbinenquerschnitts. Eine solche zweistufig geregelte Aufladung ermöglicht bei einem Diesell- bzw. Ottomotor sehr hohe Mitteldrücke bei niedriger Motordrehzahl darzustellen. Bei hohen Motordrehzahlen und gleichzeitig hohen Mitteldrücken stellen sich allerdings sehr hohe Luftmassenströme am Motor ein, die weit außerhalb des optimalen Betriebsbereichs des Hochdruckturboladers bzw. Hochdruckverdichters liegen. Der Hochdruckverdichter stellt eine Drossel dar und das Verdichtungsverhältnis sinkt unter 1,0.

[0003] In der DE 198 37 978 A1 ist eine Brennkraftmaschine beschrieben, die eine Hochdruckstufe und eine Niederdruckstufe aufweist. Die Hochdruckturbine dieser Brennkraftmaschine ist ständig wenigstens in einem gewissen Maße durchströmt. Allerdings ist die Hochdruckturbine mit einer Umgehungsleitung ausgestattet, so daß die Hochdruckturbine mittels eines abgasseitigen Ventils umgangen werden kann. Ferner ist in der DE 198 37 978 eine Bypassleitung zum Umfahren des Hochdruckverdichters vorgeschlagen. In dieser Bypassleitung für den Hochdruckverdichter ist ein Rohrschalter angeordnet. Durch diese Verdichterumgehung des Hochdruckverdichters können die genannten Nachteile eines zweistufigen Abgasturboladers beseitigt werden. Die Verdichterumgehung wird bei tiefen Motordrehzahlen geschlossen gehalten und lediglich bei hohen Motordrehzahlen geöffnet. Die Bereitstellung einer solchen Verdichterumgehung für den Hochdruckverdichter ist allerdings mit dem Nachteil verbunden, daß im transienten Motorbetrieb, beispielsweise beim Beschleunigen eines Pkws, ein Öffnen der Verdichterumgehung zu einer schlagartigen Änderung des Spülgefälles am Motor (Differenz aus Ladedruck und Abgasgegendruck im Abgassammler) führt. Die Folge dessen ist ein unstetiger Momentenverlauf, der vom Fahrer als Ruck wahrnehmbar ist. Außerdem kann es gegebenenfalls bei einem Betrieb im Bereich der Schwelle zum Öffnen der Verdichterumgehung zu einem ständigen Öffnen und Schließen der Verdichterumgehung kommen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine bereit zu stellen, die die genannten Nachteile im wesentlichen oder gar vollständig beseitigt. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche gelöst.

[0005] Die Erfindung geht von dem Grundgedanken aus, das Öffnen und Schließen der Verdichterumgehung abhängig von einer geeigneten Strategie zu steuern. Dazu sind im Motordrehzahl-Motordrehmoment-Kennfeld der Brennkraftmaschine entsprechende Schwellen zum Öffnen und Schließen der Verdichterumgehung definiert. Eine Steuereinheit steuert das Öffnen bzw. das Schließen der Verdichterumgehung abhängig von einer Öffnungsschwelle bzw. einer Schließschwelle, wobei die beiden Schwellen sich voneinander unterscheiden, d. h. im Kennfeld einen definierten Abstand zueinander haben. Dieser Abstand zwischen den Schwellen bewirkt eine Hysterese, bezüglich der Regelung der Verdichterumgehung.

[0006] Vorzugsweise ist für jeden Gang in der Steuereinheit ein eigener Parametersatz für die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle abgelegt. Alternativ dazu sind im Steuergerät zwei unterschiedliche Parametersätze abgelegt, ein

Parametersatz für niedrige Gänge und ein Parametersatz für höhere Gänge, beispielsweise ab dem dritten Gang.

[0007] Die Schwellen sind entweder starr oder adaptiv ausgeführt. Im Falle von adaptiven Schwellen erfolgt die Adaption gangabhängig, fahrzeuggeschwindigkeitsabhängig und/oder zeitabhängig. Beispielsweise erfolgt bei einer längeren Fahrt unter hoher Last mit im wesentlichen stationären Bedingungen eine Verschiebung der Öffnungsschwelle und der Schließschwelle hin in Richtung niedriger Drehzahlen und niedriger Drehmomente im Kennfeld. Alternativ dazu wird lediglich eine der Schwellen verschoben, um dadurch die Hysterese zu beeinflussen.

[0008] Bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird die schlagartige Änderung des Spülgefälles beim Öffnen der Verdichterumgehung durch motorinterne Maßnahmen kompensiert. Im Falle eines Dieselmotors wird entweder der Einspritzbeginn-Zeitpunkt und/oder die Einspritzmenge geändert. Im Falle eines Ottomotors wird entweder der Zündzeitpunkt, die Kraftstoffmenge und/oder die Drosselklappenstellung verstellt. Durch diese motorinternen Maßnahmen kann das vom Motor abgegebene Moment zum Zeitpunkt der Öffnung der Verdichterumgehung stetig oder gar konstant gehalten werden. Während der Übergang zwischen dem Zustand "Verdichterumgehung geschlossen" und "Verdichterumgehung geschlossen" schlagartig zu erfolgen hat, erfolgt die Nachstellung der genannten Motorparameter Einspritzzeitpunkt und Einspritzmenge beim Dieselmotor bzw. Einspritzmenge, Drosselklappenstellung und Zündzeitpunkt beim Ottomotor rampenförmig, d. h. verzögert. Die Steilheit der Rampe ist dabei abhängig vom aktuellen Betriebszustand des Motors und der gewählten Strategie, d. h. der aktuellen Lage der Schwellen im Motorkennfeld. Die Anpassung der motorinternen Parameter muß beispielsweise bei einer Vollastbeschleunigung in einem höheren Gang schneller erfolgen als bei einer längeren Fahrt mit stationären Bedingungen, um in Falle der Vollastbeschleunigung die sprunghafte Änderung des Moments unmittelbar und für den Fahrer unmerklich zu kompensieren. Bei einer längeren Fahrt unter im wesentlichen stationären Bedingungen kann der Momentensprung langsamer kompensiert werden.

[0009] Bei geöffneter Verdichterumgehung erfolgt erfindungsgemäß die Ladedruckregelung über die Regelung der Abblaseklappe (Wastegate) an der Niederdruckturbine. Die Ladedruckregelklappe der Hochdruckturbine ist bei geöffneter Verdichterumgehung vollständig geöffnet, so daß dadurch die Hochdruckturbine umgangen wird.

[0010] Zur weiteren Steigerung der Anfahrtdynamik wird vorzugsweise während der ersten Phase eines Beschleunigungsvorganges die Abblaseklappe (Wastegate) an der Niederdruckturbine geöffnet. Diese Maßnahme senkt den Gegendruck zur Hochdruckturbine, wodurch sich das Druckgefälle an der Hochdruckturbine vergrößert. Somit steht dem Hochdruckturbolader mehr Energie zur Beschleunigung des Rotors zur Verfügung. Die Folge dessen ist ein schnellerer Motormomentenaufbau zur Folge des beschleunigten Ladedruckaufbaus.

[0011] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine ist mit dem Vorteil verbunden, daß die erfindungsgemäße zweistufige Aufladung mit Verdichterumgehung des Hochdruckverdichters das Drehmomentspektrum beispielsweise eines Dieselmotors erheblich erweitert. Sowohl bei tiefen als auch bei hohen Motordrehzahlen kann der Mitteldruck des abgasturboaufgeladenen Motors erheblich gesteigert werden. Dies ermöglicht die erfindungsgemäße intelligente Steuerung der Verdichterumgehung des Hochdruckverdichters.

[0012] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0013] Fig. 1 eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit einem zweistufigen Abgasturbolader;

[0014] Fig. 2 ein Blockschaltbild der Regelung der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine; und

[0015] Fig. 3 ein Motorkennfeld.

[0016] Die in Fig. 1 dargestellte Brennkraftmaschine 1 weist eine Reihenanordnung 10 mit 4 Zylindern auf. Mit diesen verbunden ist eine Hochdruckstufe 2 und eine Niederdruckstufe 3. Abgasseitig ist die Hochdruckturbine 6 der Niederdruckturbine 8 vorgeschaltet. Über die von der Hochdruckturbine 6 und der Niederdruckturbine 8 angetriebenen Verdichter 5 bzw. 7 wird Frischluft verdichtet, in dem Ladeluftkühler 13 abgekühlt und anschließend der Frischgasseite des Motors 10 zugeführt. Die Hochdruckturbine 6 ist mit einer Bypassleitung versehen, die über das Ladedruckregelventil 11 geöffnet bzw. geschlossen werden kann. Die Niederdruckturbine 8 ist ebenfalls mit einem Ventil 12 (Wastegate) versehen, so daß auch die Niederdruckturbine umgangen werden kann.

[0017] Der Hochdruckverdichter 5 ist mit der erfindungsgemäßen Verdichterumgehung 4 versehen. Auch diese ist in Form eines Rohrschalters ausgeführt.

[0018] Von einer Steuereinheit 9, beispielsweise einer digitalen DDE werden die Umgehungen 11 und 12 für die Hoch- bzw. Niederdruckturbine 6 bzw. 8 gesteuert und geregelt. Ferner steuert die Steuereinheit 9 die Verdichterumgehung 4. Die Steuereinheit ist ferner über entsprechende Leitungen mit dem Motor 10 und dessen Frischgasseite verbunden.

[0019] Die Steuereinheit 9 sowie deren Eingangs- und Ausgangssignale sind in Fig. 2 dargestellt. Der Steuereinheit 9 werden in der bevorzugten Ausführungsform gemäß Fig. 2 als Eingangsdaten die Motordrehzahl, der Ladedruck, ein Lastsignal sowie die Fahrzeuggeschwindigkeit zur Verfügung gestellt. Auf der Grundlage dieser bereitgestellten Eingangsdaten erkennt die Steuereinheit die momentane Fahrweise, den Lastzustand bzw. den aktuellen Gang und ermittelt auf der Grundlage dieser drei Parameter eine optimale Strategie zum Ansteuern der Verdichterumgehung. Wie bereits erläutert, werden auf der Grundlage der genannten Parameter die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle für die Verdichterumgehung geeignet aus den in der Steuereinheit abgelegten Parametersätzen ausgewählt, so daß der Verdichterbypass bzw. die Verdichterumgehung, wenn es die Situation erfordert, schlagartig geöffnet bzw. geschlossen werden kann. Ferner steuert bzw. regelt die Steuereinheit 9 das Ladedruckregelventil 11 der Hochdruckturbine bzw. das Wastegate der Niederdruckturbine entsprechend an. Im Falle eines Dieselmotors (wie in Fig. 2 dargestellt) steuert die Steuereinheit 9 außerdem den Einspritzbeginn-Zeitpunkt bzw. die Einspritzmenge, um so durch das Öffnen bzw. Schließen der Verdichterumgehung hervorgerufene Momentenänderungen zu kompensieren.

[0020] Fig. 3 zeigt ein Motordrehzahl-Motormoment-Kennfeld. Dabei wird der zulässige Betriebsbereich durch die gestrichelte Linie festgelegt. Fig. 3 veranschaulicht den Verlauf der Öffnungsschwelle und der Schließschwelle für die Verdichterumgehung. Die beiden Schwellen sind, wie bereits erläutert, voneinander beabstandet, so daß beim Durchlaufen die Steuerung der Verdichterumgehung einer Hysterese folgt. Bei zunehmender Motordrehzahl bzw. zunehmendem Motordrehmoment wird bei Überschreiten der Schwelle "Schwelle auf" die Verdichterumgehung geöffnet. Nimmt die Motordrehzahl bzw. das Motordrehmoment wieder ab, so wird zunächst die Schwelle "Schwelle auf" durchlaufen, ohne dabei jedoch den Zustand der Verdichterumgehung zu ändern. Erst bei Überschreiten der Schwelle "Schwelle zu" wird die Verdichterumgehung wieder ge-

schlossen.

[0021] Die Steuereinheit 9 wirkt abhängig von den erkannten Parametern Fahrweise, Lastzustand und Gang und der daraus ermittelten optimalen Strategie derart auf die in Fig. 3 dargestellten Schwellen ein, daß beispielsweise bei einer längeren Fahrt unter hoher Last und stationären Bedingungen die beiden Schwellen in Pfeilrichtung "A" hin zu kleineren Motordrehzahlen bzw. kleineren Motormomenten verschoben werden. Dabei werden die beiden Schwellen parallel verschoben. Alternativ wird lediglich eine der beiden Schwellen in Pfeilrichtung "A" verschoben. Dies stellt eine zeitabhängige Steuerung bzw. Adaption der beiden Schwellen dar, da bei Ablauf eines bestimmten Zeitintervalls für die Stationärfahrt automatisch die Schwellen verschoben werden. Durch diese Adaption bzw. Verschiebung der Öffnungsschwelle und der Schließschwelle für die Verdichterumgehung abhängig von der Erkennung der Fahrweise, des Lastzustandes und des Ganges kann den verschiedenen Rahmenbedingungen (also beispielsweise längere Stationärfahrt unter hoher Last oder Vollastbeschleunigung in höherem Gang) Rechnung getragen werden.

#### Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit mindestens einer Hochdruckstufe (2); mindestens einer Niederdruckstufe (3); und einer Verdichterumgehung (4) für den Hochdruckverdichter (5) mindestens einer Hochdruckstufe (2);  
**gekennzeichnet durch**  
eine Steuereinheit (9), die das Öffnen bzw. Schließen der Verdichterumgehung (4) abhängig von einer Öffnungsschwelle und einer Schließschwelle im Motordrehzahl-Motorlast-Kennfeld steuert, wobei sich die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle voneinander unterscheiden,  
wobei das von der Brennkraftmaschine abgegebene Drehmoment beim Öffnen der Verdichterumgehung durch motorinterne Eingriffe im wesentlichen stetig gehalten wird.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle starr oder adaptiv sind.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, wobei die Steuereinheit (9) die Adaption der Öffnungsschwelle und der Schließschwelle gangabhängig, fahrzeuggeschwindigkeitsabhängig und/oder zeitabhängig ausführt.
4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei für jeden Gang unterschiedliche Schwellen bereitgestellt werden.
5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, wobei für den ersten und zweiten Gang andere Schwellen als für den dritten und höhere Gänge bereitgestellt werden.
6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Parameter für die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle in der Steuereinheit (9) abgespeichert sind.
7. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuereinheit (9) abhängig von der Fahrweise, dem Lastzustand und/oder dem Gang den Einspritzbeginn-Zeitpunkt und/oder die Einspritzmenge ändert, um so das vom Motor abgegebene Moment stetig zu halten.
8. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuereinheit (9) abhängig von der Fahrweise, dem Lastzustand und/oder dem Gang den Zündzeitpunkt, die Kraftstoffmenge und/oder die

Drosselklappenstellung verstellt, um so das vom Motor abgegebene Moment stetig zu halten.

9. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Verdichterumgehung (4) einen Rohrschalter aufweist.

10. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, ferner mit einer abgasseitigen Umgehung der Hochdruckturbine und/oder einer abgasseitigen Umgehung der Niederdruckturbine.

11. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Steuereinheit (9) zu Beginn eines Beschleunigungsvorganges die Umgehung (12) der Niederdruckturbine öffnet.

12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Steuereinheit (9) bei geöffneter Verdichterumgehung (4) die Umgehung (11) der Hochdruckturbine (6) öffnet.

13. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdichterumgehung (4) bei Überschreiten einer Öffnungsschwelle im Motordrehzahl-Motormoment-Kennfeld geöffnet wird und bei Unterschreiten einer Schließschwelle im Kennfeld geschlossen wird, wobei sich die Öffnungsschwelle und die Schließschwelle voneinander unterscheiden, und wobei das von der Brennkraftmaschine abgegebene Drehmoment beim Öffnen der Verdichterumgehung durch motorinterne Eingriffe im wesentlichen stetig gehalten wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

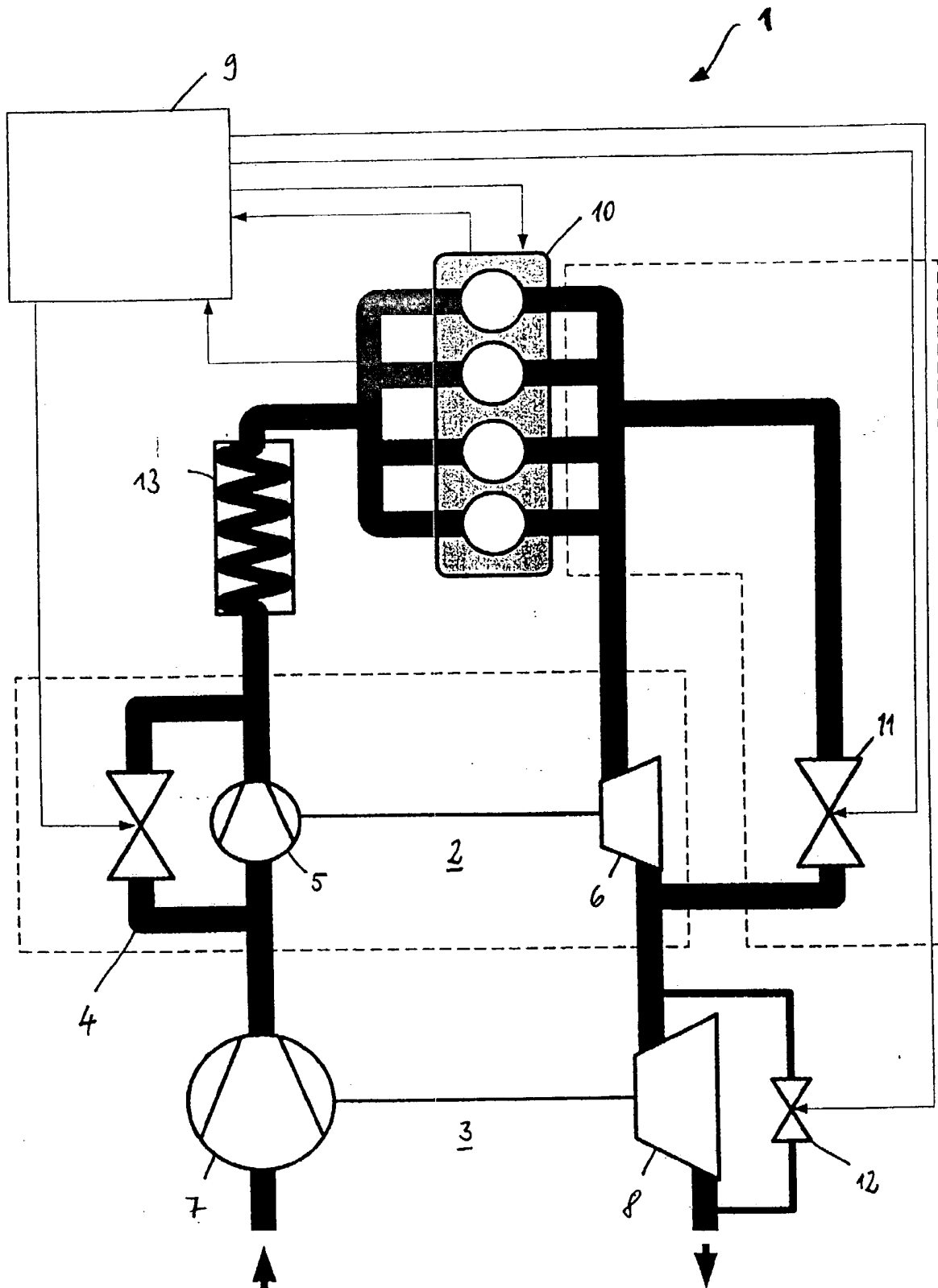


Fig. 1

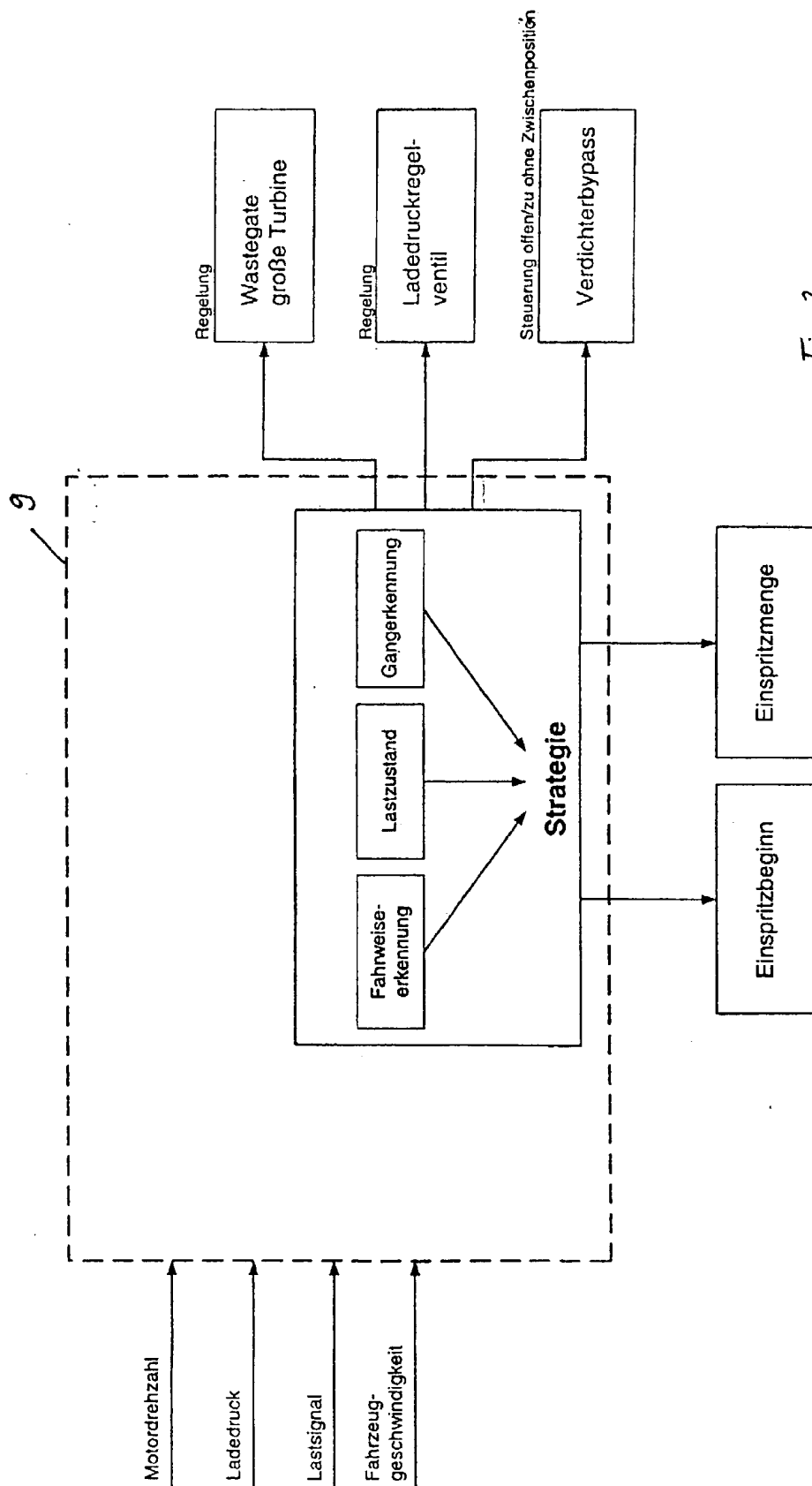


Fig. 2

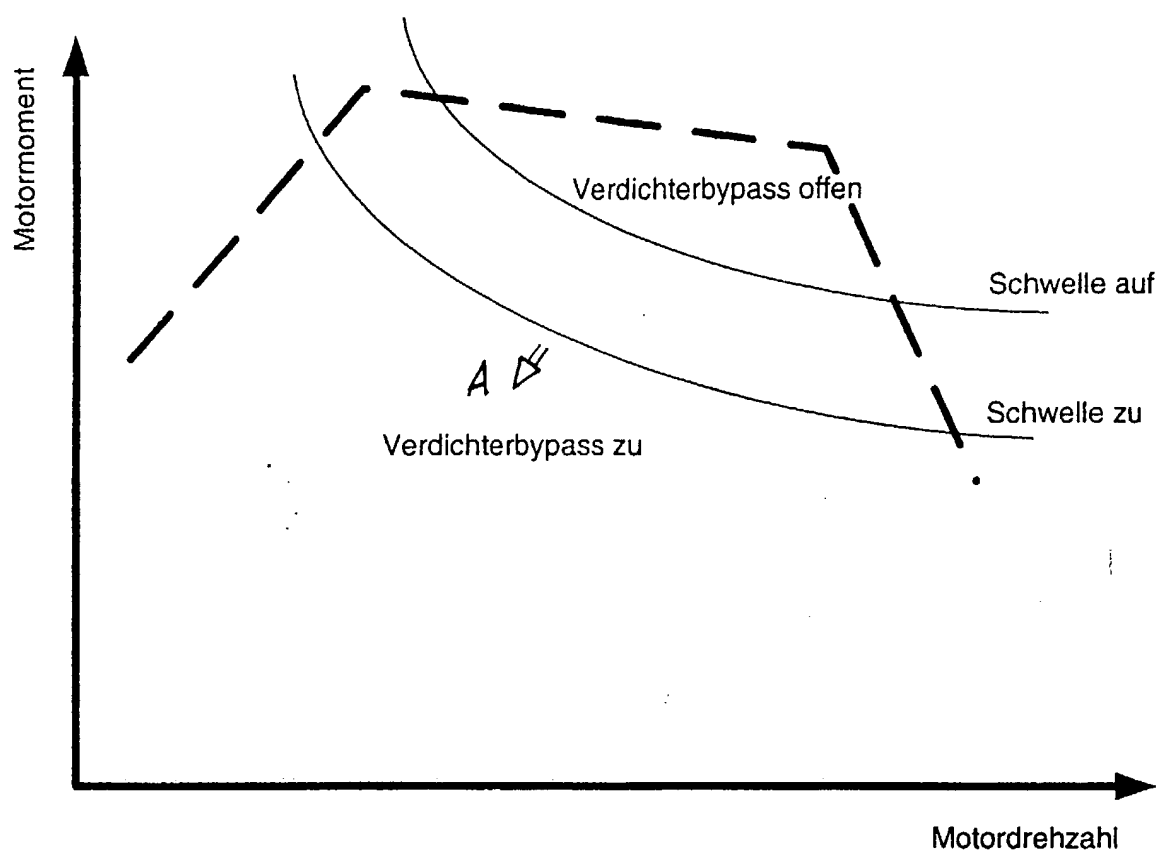


Fig. 3



PUB-NO: DE010144663A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 10144663 A1

TITLE: Internal combustion engine with two exhaust  
gas  
turbochargers and compressor bypass, has engine  
output  
torque held essentially constant when opening  
bypass by  
internal engine intervention

PUBN-DATE: April 3, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SCHINDLER, ERIK	AT
STAUB, PETER	AT

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG	DE

APPL-NO: DE10144663

APPL-DATE: September 12, 2001

PRIORITY-DATA: DE10144663A ( September 12, 2001)

INT-CL (IPC): F02B037/013, F02B037/16

EUR-CL (EPC): F02B037/12 ; F02B037/013, F02B037/18

ABSTRACT:

CHG DATE=20030912 STATUS=N>The engine has at least one high pressure (2) and at least one low pressure (3) stage and a bypass (4) for the high pressure compressor (5) of at least one high pressure stage. A control unit (9) controls the opening and closing of the bypass depending on different engine speed-load characteristic opening and closing thresholds. The engine output torque is held essentially constant when opening the bypass by internal engine intervention. AN Independent claim is also included for the following: a method of operating an internal combustion engine for a motor vehicle.